

## PROGNÓZISOK ÉS TERMELESI FÜGGVÉNYEK EGY ÁLLAMI ÉPÍTŐIPARI VÁLLALATNÁL\*

VASTAG GYULA

Az utóbbi időben a vállalati tervezőmunkában is egyre nagyobb szerepet kapnak olyan elemző és prognosztizáló eljárások (trendszámítás, regresszióanalízis, faktoranalízis), amelyek alkalmazásával a különböző jelenségek közötti kapcsolatok jellege és mértéke, a várható változások tendenciái és fő hatótényezői meghatározhatók.

A módszertani továbbfejlődést egyrészt felső szintű állásfoglalások<sup>1</sup> is ösztönzik, másrészt a megváltozott gazdasági körülmények teszik szükségessé. A megváltozott helyzethez – amelynek hatása az építőipar területén különösen érződik – való alkalmazkodás lényeges eleme a megalapozott vállalati tervezés, amely iránti igény egy új ötéves tervidőszak kezdetén fokozott mértékben jelentkezik.

A következőkben azoknak a számításoknak az eredményeit ismertetem, amelyeket egy építőipari vállalat 1981. évi saját építési–szerelési termelésének előrejelzésére vonatkozóan végeztem. A termelés prognosztizálására trendszámítást, illetve korreláció- és regressziószámításként értelmezett termelésfüggvény-számítást alkalmaztam.

### A trendszámítás alkalmazása

A változatlan (1970-es) árakon számított saját építési–szerelési termelés 1970-től 1979-ig terjedő időszaka képezte a számítás alapadatát. Először a szukcesszív differenciák módszerének segítségével meghatároztam, hogy hányadfokú parabola közelíti megfelelően az idősort. Az így kapott másodfokú parabola mellett még az exponenciális trenddel végeztem számításokat, ennek eltérésnégyzet összege azonban egy nagyságrenddel volt nagyobb a másodfokú paraboláénál. Tekintve, hogy a megfigyelések száma viszonylag kicsi volt, ezért ezzel a trendgörbével csak rövid távra (3 évre) végeztem előrebecslést. 1982-ig, az előrejelzett időszakig a fejlődés jellege megfelel a trendgörbével jellemzettnek; a beruházások csökkenése miatt a vállalat termelése csak kismértékben növekszik.

A hosszabb távra, azaz az 1982 utáni évekre készített előrejelzések szerint 1983-tól várható változás az építési igények területén, s az építőipari termelés fellendülésére is csak attól kezdve lehet számítani.

\* Hozzászólás dr. Rédey Katalin – dr. Sipos Béla: „A termelési függvények és a vállalati prognózisok” c., a *Statisztikai Szemle* 1981. évi 5. számában (488–498. old.) és 6. számában (606–625. old.) megjelent tanulmányához.

<sup>1</sup> 1/1980. OT utasítás Módszertani ajánlás az építő- és építőanyagipari ágazatba tartozó szervezetek középtávú tervének elkészítéséhez. EVM Tervgazdasági és Információs Főosztály. Budapest. 1980.

### Termelésifüggvény-számítás

Az építőipar, véleményem szerint, számos olyan sajátossággal rendelkezik, amelyek miatt a vállalati termelési függvények különösen jól alkalmazhatók. Ezek:

- az építési technológia szempontjából homogén termelési szerkezet (például paneles lakásépítés vagy egyedi nagyberuházások esetén is meghatározott munkákra való szakosodás);
- a termelés tényezői (élő és holt munka) között meglevő elég tág helyettesíthetőség (például bizonyos földmunkákat, a lakások festését stb. éppúgy lehet géppel, mint kézzel végezni);
- a termelési tényezőkre vonatkozóan általában természetes mutatók állnak rendelkezésünkre;
- ezek az adatok nemcsak most, hanem a jövőben is hozzáférhetők.

A számítások adatbázisa:

- $y$  – a saját építési–szerelési termelés értéke 1970-es árszinten (ezer forint),
- $x_1$  – a munkáslétszám (fő),
- $x_2$  – a vállalati gépi állóeszköz teljesítőképessége (lóerő),
- $x_3$  – a vállalat által átadott lakások száma,
- $x_4$  – a fővállalkozói termelés építménycsoportonkénti megoszlásából az ipari, igazgatási, kereskedelmi tárolóépületek, vezetékek és vízi építmények együttes aránya (százalék),
- $x_5$  – az állami nagyberuházásokon elért generáltermelés 1970-es árszinten (ezer forint),
- $x_6$  – a vállalat által beépített vasbetonszerkezetek mennyisége (köbméter).

Az  $x_4$  tényezővel is – a jellemző építménycsoportokon keresztül – az állami nagyberuházásoknak a saját építési–szerelési termelés alakulására gyakorolt hatását kívántam figyelembe venni.

Az adatok az 1970 és 1979 közötti időszakra vonatkoznak, tehát lényegében a negyedik és az ötödik ötéves tervidőszakot ölelik fel.

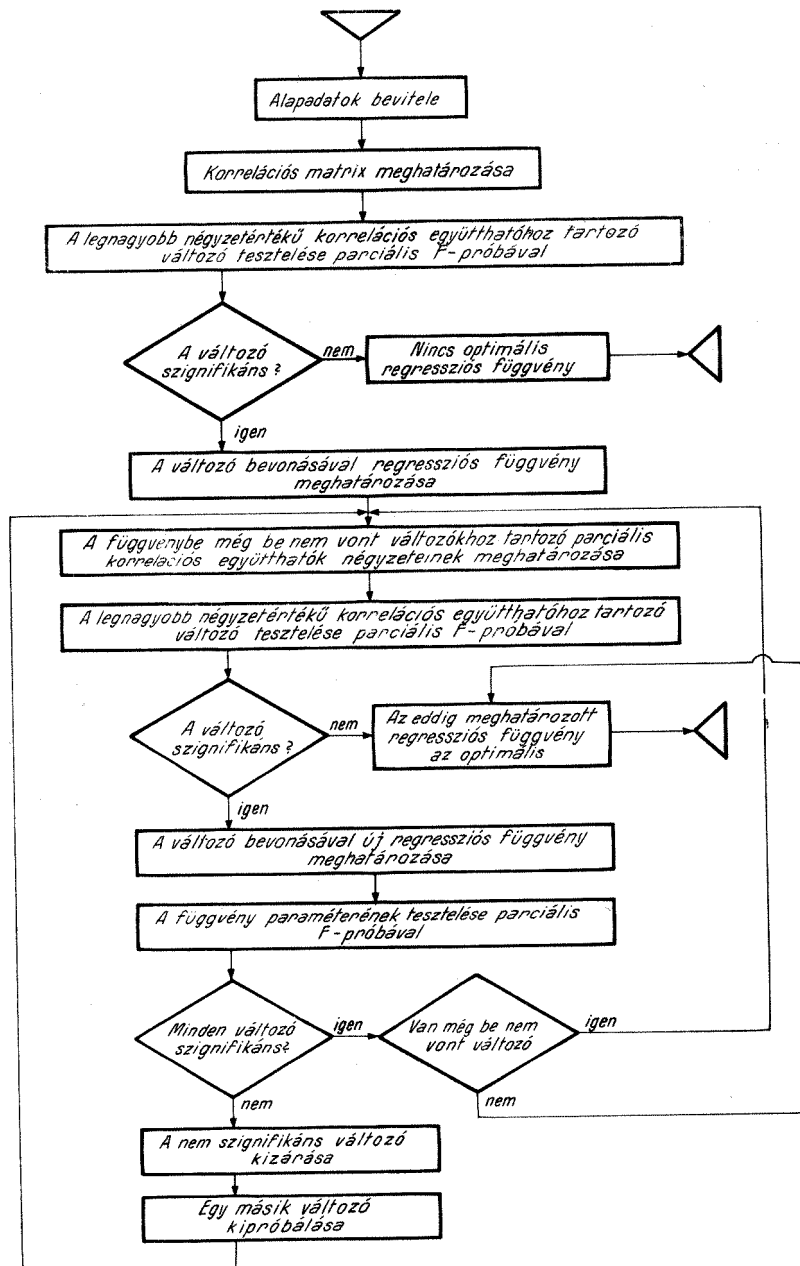
### A többváltozós lineáris regressziószámítás eredményei

A vizsgálat első lépéseként a magyarázó változók multikollinearitását teszteltem az ún. Farrar–Glauber-féle mutatószámokkal, amely szignifikáns multikollinearitást jelzett. A továbbiakban a parciális korrelációs együtthatók segítségével meghatároztam a multikollinearitást okozó tényezőket, és ezeket kizártam a modellből. A parciális korrelációs együtthatók szerint nagyon szoros kapcsolat van az  $x_1$  és az  $x_6$  (a munkások száma és a beépített vasbetonszerkezetek mennyisége), az  $x_2$  és az  $x_5$  (a gépi állóeszközök teljesítőképessége és a nagyberuházásokon elért generáltermelés), illetve az  $x_2$  és az  $x_6$  (a gépi állóeszközök teljesítőképessége és a beépített vasbetonszerkezetek mennyisége) között. Tekintve, hogy a tényezőváltozók közül  $x_1$ ,  $x_2$  és  $x_3$  a tervezésnél fontos szerepet játszik, értéküket a jövőre vonatkozóan előre meghatározzuk, így ezeket hagytam meg a modellben, míg  $x_5$  és  $x_6$  tényezőváltozókat kizártam. A megmaradt három tényezőváltozó esetén 5 százalékos szignifikancia szinten elfogadhatjuk azt a hipotézisünket, hogy a multikollinearitás nem zavaró hatású. Ekkor a többszörös korrelációs együttható,  $R = 0,990$ , vagyis nagyon szoros kapcsolat van a tényezőváltozók összessége és az eredményváltozó között.

Az optimális regressziós egyenlet meghatározására a backward eliminációs és a stepwise regressziós módszert alkalmaztam. A backward eliminációs módszer alkalmazása alapján arra a következtetésre jutottam, hogy csak egy tényezőváltozót, a gépi állóeszközök teljesítőképességét ( $x_2$ ) célszerű a modellben megtartani. A számítások során először az  $x_3$  változó (az átadott lakások száma) esett ki, majd utoljára  $x_1$ , az élő munka tényezője. A backward módszerrel szemben a stepwise regresszi-

ós módszer alkalmazásakor az első lépésben egy kétváltozós regressziós függvényt határozunk meg, majd lépésről lépésre új változókat vonunk be, illetve zárunk ki a modellből, míg el nem jutunk az optimális regressziós egyenlethez.

1. ábra. A stepwise regressziós módszer nagyvonalú folyamatábrája

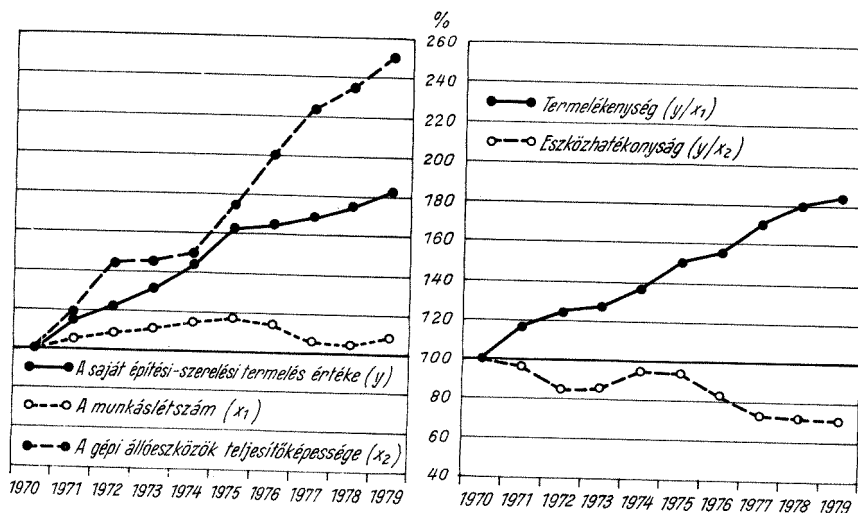


A stepwise módszer – amelynek folyamatábráját az 1. ábra mutatja – alkalmazásakor minden egyes lépésnél valamennyi változó paraméterére parciális  $F$ -próbát alkalmazunk annak vizsgálatára, hogy szignifikáns marad-e a paraméter. Ennél az eljárásnál először  $x_2$ -t, majd  $x_1$ -et vontam be, és mivel nem bizonyult szignifikánsnak, zártam ki a modellből. Az  $x_3$  változó is hasonlóképpen kiesett, így optimális egyenletként ugyanazt kaptam, mint a backward módszer esetén.

#### Cobb–Douglas-típusú termelési függvények számítása

A számítás alapadatait, a termelékenységi és az eszközhatékonyság alakulását a vizsgált időszakban a 2. ábra mutatja.

2. ábra. A termelési függvények számításának adatai, a termelékenységi és az eszközhatékonyság alakulása  
(Index: 1970. év = 100)



Az általam vizsgált függvénytípusok közül csak annál a típusnál kaptam értékelhető eredményeket, amelynél feltételeztem, hogy a kitevők összege egységnyi.

Számításokat végeztem a munkáslétszám helyett a munkások összes teljesített munkaórájának bevonásával is, de ez rosszabb illeszkedést eredményezett. Ennek oka valószínűleg az, hogy a vállalat dolgozói 1970-ben árvízi építkezésen vettek részt, és ez a jelentős munkaidőtöbblet a vállalat termelési értékében nem jelentkezett.

#### Gazdasági elemzés átlag- és határmutatók alapján

A következő átlagmutatók kiszámítására került sor:

- a munkatermelékenység ( $y/x_1$ ),
- az állóeszköz-állomány hatékonysága ( $y/x_2$ ),
- a termelés állóeszköz-igényessége ( $x_2/y$ ),
- a munka állóeszköz-ellátottsága ( $x_2/x_1$ ).

Az alapadatok alakulását az 1. tábla, az átlagmutatókét pedig a 2. tábla adatai mutatják.

1. tábla

## Az alapadatok alakulása egy építőipari vállalatnál

Év	A saját építési-szerelési termelés (y)		A munkáslétszám ( $x_1$ )		A gépi állóeszközök teljesítőképessége ( $x_2$ )	
	az 1970. évi	az előző évi	az 1970. évi	az előző évi	az 1970. évi	az előző évi
százalékában						
1970. .	100,00	—	100,00	—	100,00	—
1971. .	117,25	117,25	107,55	107,55	119,22	119,22
1972. .	121,70	103,80	107,61	100,06	146,53	122,91
1973. .	130,17	106,96	110,97	103,12	147,20	100,46
1974. .	143,74	110,43	113,18	101,99	150,70	102,38
1975. .	162,85	113,29	118,02	104,28	175,32	116,34
1976. .	165,16	110,84	115,22	97,63	200,10	114,13
1977. .	170,64	103,32	108,96	94,57	225,48	112,68
1978. .	175,59	102,90	105,93	97,22	237,51	105,34
1979. .	182,81	104,11	109,26	103,14	251,13	105,73
$p_0$	—	1,0589	—	1,0082	—	1,0928

2. tábla

## Az átlagmutatók alakulása egy építőipari vállalatnál

Év	A termelékenység ( $y/x_1$ )		Az eszközhatékonyság ( $y/x_2$ )		A termelés állóeszköz-igényessége ( $x_2/y$ )		A munka állóeszköz-ellátottsága ( $x_2/x_1$ )	
	az 1970. évi	az előző évi	az 1970. évi	az előző évi	az 1970. évi	az előző évi	az 1970. évi	az előző évi
százalékában								
1970. .	100,00	—	100,00	—	100,00	—	100,00	—
1971. .	118,72	118,72	98,35	98,35	101,57	101,57	110,98	110,98
1972. .	123,15	103,73	83,06	84,45	120,42	118,56	136,10	122,64
1973. .	127,73	103,72	88,43	106,47	113,09	93,91	132,68	97,49
1974. .	138,30	108,28	95,38	107,86	104,71	92,59	133,17	100,37
1975. .	150,25	108,64	92,89	97,39	107,85	103,00	148,54	111,54
1976. .	156,09	103,89	82,54	88,86	120,94	112,14	173,66	116,91
1977. .	170,54	109,26	75,68	91,69	131,94	109,09	207,07	119,24
1978. .	180,51	105,85	73,93	97,69	135,08	102,38	224,15	108,24
1979. .	182,20	100,94	72,79	98,46	137,17	101,55	230,00	102,61

A gépi állóeszközök teljesítményének növekedése lényegesen meghaladta a termelés és a kismértékben emelkedő munkáslétszám változását. A vállalat az ötödik ötéves tervidőszakban jelentősen bővítette kapacitását, állami támogatás és hi-telek segítségével kiépítette ipari háttérét, és jelentősen bővítette gépparkját. Az építési igények 1977-től kezdődő csökkenése ugyanakkor nem tette lehetővé a meg-növekedett állóeszköz-állomány teljes kihasználását. Ezek a hatások jutnak kifeje-zésre a 2. tábla mutatóiban.

Számításokat végeztem a fejlődési ütem optimális előrebecslésére ( $p_0$ ) is. Az így kapott értékeket t-próbával teszteltem. Ez alapján a munkáslétszám változatlan marad, az állóeszköz-állomány gyors ütemben, míg a termelés 5,9 százalékkal nö-vekszik. Ezek az előrejelzések azonban a vállalat helyzetében bekövetkező változá-sok ismeretében nem látszanak reálisnak:

— az építési igények nagyságának és területi elhelyezkedésének ismeretében a termelés növekedése alatta marad a  $p_0$  érték által jelzettnek;

– ennek megfelelően a munkáslétszám csökkenésével számolunk;  
 – a vállalati nyereség csökkenése és az ötödik ötéves tervidőszakban felvett hitelek törlesztése következtében a vállalat fejlesztési alapja a gépállomány változatlan szinten tartáshoz sem elegendő, emiatt a gépek használhatósági fokának csökkenésével kell számolnunk, ami a gépi állóeszköz-állomány teljesítőképességének csökkenésében jelentkezik (a további számítások során ezért a gépek teljesítőképességének értékét a gépek használhatósági fokának változásával korrigáltam).

### Határmutatók

A kapott termelési függvényből

$$\hat{y} = 91,534 x_1^{0,387} x_2^{0,613}$$

kitűnik, hogy ha például a munkáslétszám 1 százalékkal nő, akkor a termelés közelítőleg 0,4 százalékkal fog emelkedni.

A termelési folyamat jellemzője annak a szükséges beruházásnak a nagysága is, amely egységnyi munkaerő állóeszközökkel történő helyettesítéséhez szükséges. Ezt mutatja a *helyettesítési határárány*, amely az 1970-től 1979-ig terjedő időszak során 2,3-szeresére nőtt, de ezt a változást csak a munka technikai felszereltségének (az egy munkásra jutó gépi teljesítőképességnek) a változása okozta.

A faktoranalízissel végzett számítások fontosabb eredményei

A számítógépes feldolgozás a főfaktormódszer alkalmazásával két változatban történt, amelyekben a faktorkorrelációit varimax-módszerrel végezték.

3. tábla

A csoportosítás utáni rotált faktorsúlyok*				
Megnevezés	Első változat		Második változat	
	$F_1$	$F_2$	$F_1$	$F_2$
$a_{j2}$	0,992	0,0	0,987	0,0
$a_{jt}$	0,983	0,0	—	—
$a_{i6}$	0,969	0,0	0,959	0,0
$a_{i5}$	0,668	0,546	0,674	0,557
$a_{i1}$	0,0	0,922	0,0	0,926
$a_{i3}$	0,0	0,857	0,0	0,860
$a_{i4}$	0,608	–0,725	0,625	–0,715

\* Az  $a_{ij}$  faktorsúly a  $Z_j$  változónak az  $F_i$  faktorra való korrelációját adja meg, ahol  $Z_j$  az eredeti  $x_j$  változó standardizálással nyert értéke.

Az első változat tartalmazta a hat tényezőváltozót és az időváltozót. A második változatban az időváltozót nem vontuk be az elemzésbe.

Az első két faktor a vizsgált jelenség (a vállalat saját építési–szerelési termelése) szórásnégyzetének 88,9, illetve 87,4 százalékát magyarázza meg együttesen. Ebből az első faktor részesedése 56,9, illetve 51,3 százalék, a másodiké pedig 32,0, illetve 36,1 százalék. A rotált faktorsúlyok csoportosítása alapján – amelyet a 3. tábla mutat – megállapítható, hogy az eljárás szétválasztotta a termelésre ható tényezőket (élő és holt munkára), mivel ezeknek a tényezőváltozóknak az alakulása eltérő okokra vezethető vissza.

Az  $F_1$  faktor alapján szoros kapcsolat van a holt munkát közelítő  $x_2$  tényezőváltozóval (a gépi állóeszközök teljesítőképességével) és az  $x_6$  tényezőváltozóval (a be-

épített vasbetonszerkezetek mennyiségével). Az  $F_2$  faktor alapján pedig szoros kapcsolat van a munkatényezőt kifejező  $x_1$  tényezőváltozóval (a munkások számával) és az  $x_3$  változóval (az átadott lakások számával), ami döntő részben szintén munkaráfordításokat tükröz.

A vizsgálat igazolta, hogy az időtényező szerepe is jelentős. (Az első változatban  $F_1$  alapján  $\alpha_{it} = 0,983$ .)

#### A saját építési-szerelési termelés előrejelzése

Az 1981. évre várható termelés előrejelzését háromféle függvény felhasználásával végeztem.<sup>2</sup>

1. Az optimális (egyváltozós) lineáris regressziós függvényt

$$\hat{y}_1 = b_{10} + b_{12} \cdot x_2$$

a stepwise és a backward módszernek a lineárisan független  $x_1$ ,  $x_2$ ,  $x_3$  tényezőváltozókra való alkalmazásával kaptam. Ennél a függvénytípusnál a reziduális szórás  $\sigma_e = 56\,095$  forint.

2. Az egységnyi kitevőjű Cobb-Douglas termelési függvénnyel számoltam:

$$\hat{y}_2 = b_{20} \cdot x_1^{b_{21}} \cdot x_2^{1-b_{21}}$$

amelynél  $\sigma_e = 41\,457$  forint.

3. Multikollineáris magyarázó változókat tartalmazó függvényeket is felhasználtam előrejelzési célra, feltételezve, hogy a multikollinearitás iránya és intenzitása az előrejelzési időszakban változatlan marad.

A stepwise regressziós módszert alkalmaztam:

- a) lineáris összefüggést feltételezve az  $x_1, x_2, \dots, x_6$  tényezőváltozókra

$$\hat{y}_3 = b_{30} + b_{31} \cdot x_1 + b_{34} \cdot x_4 + b_{36} \cdot x_6$$

ahol  $\sigma_e = 15\,562$  forint volt;

- b) lineáris összefüggést feltételezve az  $x_1, x_2, \dots, x_6, t$  tényezőváltozókra<sup>3</sup>

$$\hat{y}_4 = b_{40} + b_{41} \cdot x_1 + b_{4t} \cdot t$$

ahol  $\sigma_e = 22\,651$  forint volt;

- c) hatványkitevős összefüggést feltételezve az  $x_1, x_2, \dots, x_6, t$  tényezőváltozókra

$$\hat{y}_5 = b_{50} \cdot x_1^{b_{51}} \cdot x_6^{b_{56}} \cdot 10^{b_{5t} \cdot t}$$

ahol  $\sigma_e = 21\,184$  forint volt.

Az előrejelzés során a gépi állóeszköz-állomány teljesítőképességét az értékarányos használhatósági fok változásával korrigálva vettem figyelembe, a munkáslétszám tekintetében pedig csökkenéssel számoltam. A tényezőváltozók várható és az eredményváltozó extrapolált értékeit az 1980–1982 közötti időszakban a 4. tábla mutatja.

<sup>2</sup> A hibátényezők autokorreláltságát a Durbin-Watson mutatóval vizsgáltam. A mutató alapján az 1. és a 2. függvénynél nem lehetett eldönteni, míg a 3. függvényeknél a hibátényezők nem tartalmaztak elsőrendű autokorrelációt.

<sup>3</sup>  $t$  az időt jelöli ( $t = 1, 2, \dots, 10$ ).

4. tábla

A magyarázó változók várható és az eredményváltozó extrapolált értékei  
(Index: 1970. év = 100)

Év	1980.	1981.	1982.
	évi várható, illetve extrapolált érték		
Magyarázó változó			
$x_1$ . . . . .	109,69	105,60	103,13
$x_2$ . . . . .	265,06	257,11	249,08
$x_4$ . . . . .	97,28	97,09	97,09
$x_6$ . . . . .	149,28	150,17	154,38
Eredményváltozó			
$y_0$ . . . . .	185,33	188,25	190,38
$y_1$ . . . . .	194,59	190,37	186,11
$y_2$ . . . . .	190,75	184,50	179,29
$y_3$ . . . . .	167,61	160,77	160,64
$y_4$ . . . . .	194,81	199,75	206,17
$y_5$ . . . . .	187,20	187,25	191,93

Az előzőekben vázolt számítások, elemzések nagy része egyszerű eszközökkel is (például programozható asztali számológépekkel) elvégezhető, és az építőipar sajátosságai miatt egyes eljárások – vállalati termelési függvények – különösen eredményesen alkalmazhatók.

## IRODALOM

- (1) Besenyei Lajos – Gidai Erzsébet – Nováky Erzsébet: Jövő kutatás, előrejelzés a gyakorlatban. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. Budapest. 1977. 290 old.
- (2) Ezekiel, M. – Fox, K. A.: Korreláció- és regresszió-analízis. (Lineáris és nem lineáris módszerek.) Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. Budapest. 1970. 594 old.
- (3) Jahn, W. – Vahle, H.: A faktoranalízis és alkalmazása. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. Budapest. 1974. 231 old.
- (4) Dr. Kádás Kálmán: Az emberi munka termelékenységének statisztikai vizsgálata a magyar gyár-iparban. (A Cobb-Douglas-féle statisztikai törvény kiegészítése.) Magyar Statisztikai Szemle. 1944. évi 7–8. sz. 273–318. old.
- (5) Dr. Kádár Iván – Dr. Németh Lóránt: Matematikai módszerek alkalmazása az építőipari tervezésben. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. Budapest. 1963. 313 old.
- (6) Köves Pál – Pánczyk Gábor: Általános statisztika. 2. jav. kiad. Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó. Budapest. 1975. 816 old.
- (7) Dr. Mundruczó György – Kerékgyártó Györgyné dr.: Alkalmazott regresszió számítás. Tankönyvkiadó. Budapest. 1975. 201 old.
- (8) Nyitrai Ferencné dr.: A statisztika szerepe a népgazdaság fejlesztésében. Statisztikai Szemle. 1980. évi 7. sz. 677–691. old.
- (9) Rédey Katalin – Sipos Béla: A termelési függvények felhasználása ágazati és vállalati prognózis készítésére. Ipari és Építőipari Statisztikai Értesítő. 1978. évi 8–9. sz. 305–321. old.; 1978. évi 11. sz. 397–412. old.; 1979. évi 2–3. sz. 86–97. old.; 1979. évi 6. sz. 220–225. old.
- (10) Dr. Rédey Katalin – Dr. Sipos Béla: Termelési függvények a magyar ipar néhány ágazatában. Statisztikai Szemle. 1980. évi 7. sz. 692–708. old.
- (11) Rimler Judit: A termelési függvények elméletéről. (Áttekintés és kritikai megjegyzések.) Közgazdasági Szemle. 1966. évi 9. sz. 1067–1080. old.
- (12) Sipos Béla: Tudományos elemzések és prognózismódszerek hasznosítása az iparvállalatok tervének megalapozásában. Kandidátusi értekezés. 1979.
- (13) Szokolczai György – Stáhl János: Ágazati termelési függvények a magyar iparban. Közgazdasági Szemle. 1967. évi 6. sz. 739–757. old.
- (14) Zagon Csaba: A faktoranalízis alkalmazása a statisztikai gyakorlatban. Statisztikai Szemle. 1979. évi 11. sz. 1105–1128. old.

## РЕЗЮМЕ

Автор демонстрирует возможности применения методов прогнозирования и производственных функций в практической деятельности предприятий. Останавливается на



тех особенностях, благодаря которым расчеты производственных функций весьма пригодны для применения в подрядных строительных организациях.

Для определения оптимальной регрессивной функции и анализа связей между переменными факторами и переменной результата автор использовал методы „stepwise” и „backward” и, соответственно, факторный анализ. В ходе прогнозирования производства — наряду со ставшим уже традиционным — расчетами трендов автор применяет пять регрессивных функций.

#### SUMMARY

The article shows the use of forecasting methods and production functions in the practice of enterprises. The characteristic features, owing to which the computation of production functions can be particularly well applied at the enterprises of building industry, are also dealt with.

The estimation of the regression function, the correlations analysis between explaining and explained variables took place by means of stepwise and backward methods as well as of factor analysis. For the forecasting of production, in addition to the method of trend-curve fitting, that can be taken traditional, five regression functions were used.